

熊本地震における道路被害状況の分析

13T0229B 鈴木 翔馬
 指導教員：丸山 喜久

1. 研究の背景と目的

2016 年 4 月 16 日に発生した熊本地震は、4 月 14 日に発生した前震とともに、熊本県、大分県を中心とする九州地方の道路交通状況に大きな影響を与えた。特に熊本県では、橋梁などの道路構造物の損傷による物的被害や、落石による道路閉塞などによって、多くの通行止めが発生し、交通が麻痺した。道路交通は地震後の被災地復興のために重要であり、その被害の分析が急務である。

また、発生が懸念されている首都直下地震においても、1000 か所以上の道路施設被害や、それを原因とする道路閉塞によって交通支障が発生することが予測されており¹⁾、より詳細な被害想定と対策が急がれている。

そこで本研究では、今後想定される地震による道路の機能的損失の予測精度を向上させることを目的として、熊本地震における道路被害状況を分析し、その評価を行った。

2. 対象地域と使用データ

本研究では最も被害の大きかった熊本県を対象とした。使用したデータは産業技術総合研究所 QuiQuake の地震動マップ²⁾、熊本県防災情報 HP の道路規制情報³⁾、および熊本市 HP の道路規制情報⁴⁾である。ここで、熊本県の道路規制情報は県が管理する国道、県道を対象としており、熊本市の道路規制情報は市が管理する国道、県道、市道を対象としている。また、復旧までの日数は、車線規制の有無に関わらず、一般車両の通行が可能となるまでとした(図-1)。

規制情報には規制箇所の位置情報とともに、規制時間、規制種別が記載されており、GIS を用いて算出、表示した(図-2)。

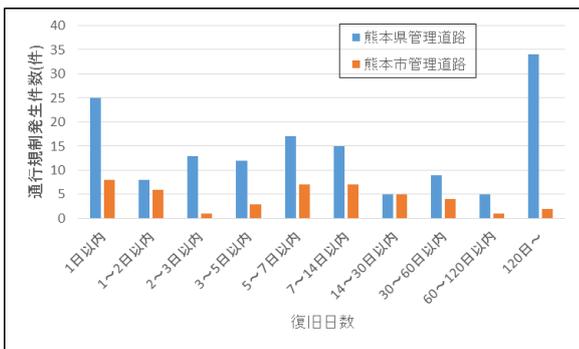


図-1 通行規制からの復旧日数

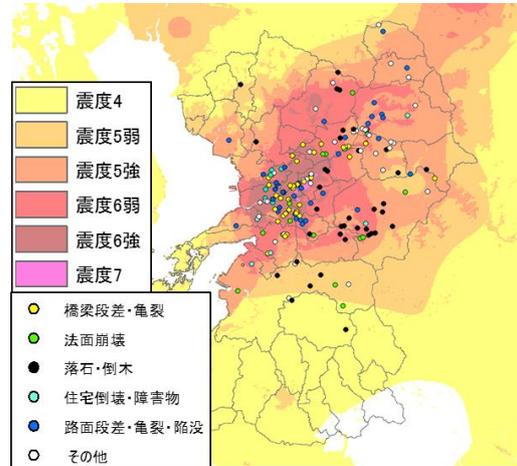


図-2 熊本地震の震度分布と道路規制箇所

3. 道路規制被害の特徴と考察

前章で示した熊本県集計データ 143 か所、熊本市集計データ 44 か所、計 187 か所の道路規制要因について震度別に以下に示す(図-3)。

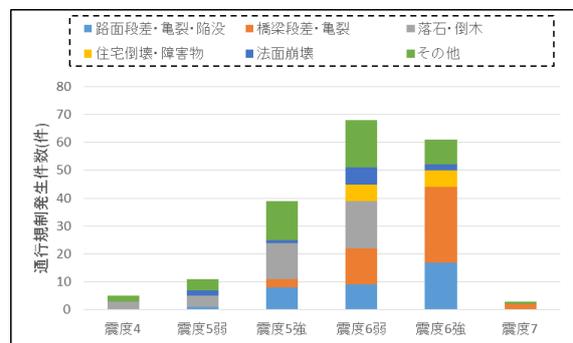


図-3 震度別の道路規制原因

道路路面の被害は震度 5 弱以上で発生し、橋梁被害は震度 6 強での被害の半数近くを占めるなど、ある一定の震度から被害が多くなる傾向は読み取れる。

次に、被害件数と道路延長から通行規制発生率を算出した(図-4)。通行規制発生率は熊本県管理道路と熊本市管理道路それぞれにおいて、計測震度 0.1 ごとに算出し、通行規制発生件数を道路延長で除したもの(件/km)と定義した。全体として熊本県管理道路の方が熊本市管理道路よりも発生率が高いことが読み取れる、また、熊本県管理道路は計測震度が大きくなるとともになだらかに発生率が上昇していくのに対して、熊本市管理道路は計測震度 6.3~6.4 付近で急激な発生率の上昇を示した。

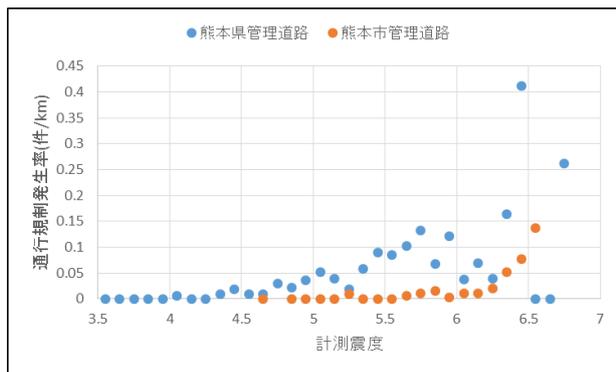


図-4 熊本県、熊本市管理道路の通行規制発生率

4. 通行規制発生モデルの構築

計測震度と通行止め発生率の関係を回帰分析により評価する。被害関数は熊本県管理道路、熊本市管理道路それぞれで構築した。回帰分析には既往研究を参考に式(1)に示す関数形を用いた⁵⁾。標準正規分布の確率分布関数 $\phi(x)$ を用いて正規分布を仮定し、それに倍率 C を乗じることとした。なお、 x は計測震度、 P は通行止め発生率である。

$$P = C \phi((x - \lambda)/\xi) \quad (1)$$

C, λ, ξ は回帰で得られる定数であり、次の式(2)に示す、目的関数 ε_i を最小化することで求めた。

$$\varepsilon_i = \Sigma(P_R - P)^2 w \quad (2)$$

ここで、 P_R は実被害から求めた通行規制発生率であり、 w は道路延長である。つまり、道路延長で重みを付けた重み付き最小二乗法によって回帰定数を決定した(表-1)。また、図-5に全被害を対象とした通行規制発生関数を示す。

表-1 全被害による通行規制発生関数の回帰定数

回帰定数	C	λ	ξ
熊本県管理道路	11.08	11.14	2.23
熊本市管理道路	34.76	8.10	0.58

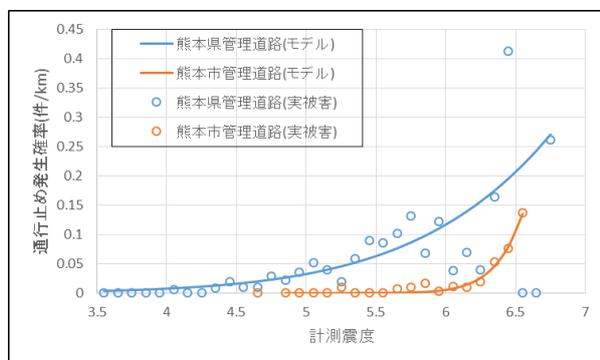


図-5 全被害における通行規制発生推定式

熊本県管理道路に関しては、計測震度 6.0 のときに比べて計測震度 6.5 のときには約 2 倍の発生率を示す

ことがわかる。また、熊本市管理道路に関しては、計測震度 6.0 を超えると通行規制発生率が急激に高くなる。

次に、被害が多かった橋梁の計測震度と通行規制発生率の関係を求める。橋梁被害においては熊本県と熊本市の被害をまとめたうえで、式(3)に示す関数形を用い、(4)に示す目的関数 ε_k を最小化することで求めた。

$$P = \phi((x - \lambda)/\xi) \quad (3)$$

$$\varepsilon_k = \Sigma(P_R - P)^2 \quad (4)$$

式(4)による最小二乗法によって回帰係数を決定し(表-2)、橋梁被害における通行規制発生関数を示す(図-6)。この結果、計測震度 6.0 のときに約 10%の通行規制率を示すモデルとなった。

表-2 橋梁被害による通行規制発生関数の回帰定数

回帰定数	λ	ξ
熊本県全体	7.68	1.27

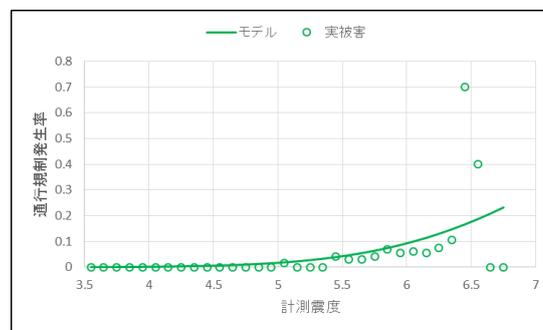


図-6 橋梁による通行規制発生推定式

5. まとめと今後の課題

本研究では、熊本地震の道路被害を分析し、道路規制の発生と地震動強さとの関係性を評価した。とくに、道路規制される原因によって発生率の違いを見ることができた。しかしながら、今後予測される地震に対する推定式として活用するためには、他の地震による被害を分析することによって、より一般性を検討する必要がある。

参考文献

- 1) 内閣府：中央防災会議 首都直下地震対策検討ワーキンググループ，http://www.bousai.go.jp/jishin/syuto/taisaku_wg/
- 2) QuiQuake-地震動マップ即時推定システム-：<https://gbank.gsj.jp/QuiQuake/index.html>
- 3) 熊本県防災情報：<http://cyber.pref.kumamoto.jp/bousai/>
- 4) 熊本市：<http://www.city.kumamoto.jp/>
- 5) 丸山喜久，山崎文雄，用害比呂之，土屋良之：新潟県中越地震の被害データに基づく高速道路盛土の被害率と地震動強さの関係，土木学会論文集A Vol. 64, No. 2, pp 208-216, 2008. 4